

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-7487
(P2002-7487A)

(43) 公開日 平成14年1月11日 (2002.1.11)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 6 F 17/50

識別記号
6 1 2
6 0 4
6 2 2

F I
G 0 6 F 17/50

テーム(参考)

6 1 2 G 5 B 0 4 6
6 0 4 H
6 2 2 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-191997(P2000-191997)

(22) 出願日 平成12年6月27日 (2000.6.27)

(71) 出願人 000000033

旭化成株式会社

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

(72) 発明者 佐々木 貴徳

神奈川県川崎市川崎区夜光1丁目3番1号

旭化成工業株式会社内

(74) 代理人 100066980

弁理士 森 哲也 (外2名)

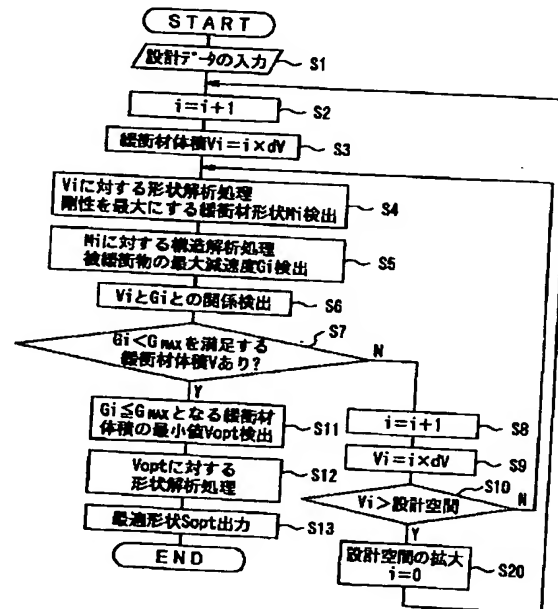
Fターム(参考) 5B046 DA02 FA18 JA08

(54) 【発明の名称】 最適形状の設計方法及びこれを用いた最適形状の設計システム

(57) 【要約】

【課題】 構造物の最適形状を容易且つ的確に設計する。

【解決手段】 緩衝材体積が V_i であるときの剛性を最大とする緩衝材形状 M_i を検出し(ステップS4)、この検出した緩衝材形状 M_i について被緩衝物の最大減速度 G_i を検出し(ステップS5)、緩衝材体積 V_i と最大減速度 G_i との関係を記録する(ステップS6)。この処理を緩衝材体積 V_i を dV ずつ増加させ行って、緩衝材体積と最大減速度との関係を記録する。最大減速度 G_i が設計許容値 G_{max} を満足する緩衝材体積となったとき(ステップS7)、記録した緩衝材体積 V_i と最大減速度 G_i とから検出されるこれらの相関関係に基づいて最大減速度 G_i が設計許容値 G_{max} を満足する緩衝材体積の最小値を検出し(ステップS11)、緩衝材体積が最小体積であるときの、剛性を最大とする緩衝材形状を検出する(ステップS12)。これが、求める構造物の最適形状となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 構造物の設計データに基づき複数の制約体積について剛性を最大にする前記構造物の形状をそれぞれ検出し、

当該検出した構造物の形状のそれぞれに対してその形状を評価するための応答量を検出し、

前記複数の制約体積とこれに対応する前記応答量とから前記制約体積及び前記応答量の相関関係を検出し、

この相関関係に基づいて前記応答量が前記構造物の設計条件を満足する最小体積を検出することを特徴とする最適形状の設計方法。

【請求項2】 前記最小体積を前記制約体積として前記構造物の最適形状を検出することを特徴とする請求項1記載の最適形状の設計方法。

【請求項3】 前記構造物は、緩衝包装に使用する緩衝材であって、設計空間が被緩衝物と外箱との隙間部分であることを特徴とする請求項1又は2記載の最適形状の設計方法。

【請求項4】 構造物の設計データを入力する入力手段と、

当該入力手段で入力された設計データに基づき設定された制約体積での剛性を最大にする前記構造物の形状を検出する形状解析手段と、

当該形状解析手段で検出した前記構造物の形状に対し、その形状を評価するための応答量を検出する構造解析手段と、

複数の制約体積とこれら制約体積それぞれについて前記形状解析手段及び前記構造解析手段により検出した前記応答量とから、前記制約体積と前記応答量との相関関係を検出しこれに基づき、前記応答量が前記構造物の設計条件を満足する最小体積を検出する最小体積検出手段と、を備えることを特徴とする最適形状の設計システム。

【請求項5】 前記最小体積を前記制約体積とし、この制約体積での前記形状解析手段で検出される構造物の形状を、前記構造物の最適形状とするようになっていることを特徴とする請求項4記載の最適形状の設計システム。

【請求項6】 前記構造物は、緩衝包装に使用する緩衝材であって、設計空間が被緩衝物と外箱との隙間部分であることを特徴とする請求項4又は5記載の最適形状の設計システム。

【請求項7】 前記形状解析手段はトポロジー最適化手法を用いて前記形状を検出し、前記構造解析手段は構造解析手法を用いて前記応答量を検出するようになっていることを特徴とする請求項4乃至6の何れかに記載の最適形状の設計システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、構造物の最適形

状の設計方法に関し、特に、容易且つ的確に最適形状を設計することの可能な、構造物の最適形状の設計方法及びこれを用いた最適形状の設計システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、構造物の最適形状の設計に際しては、構造物各部の寸法や形状関数を設計変数とし、この設計変数を順次変えて構造解析を行うパラメータスタディにより、最適形状を探索する設計方法が取られている。また、緩衝包装における緩衝材の設計では、板状緩衝材の緩衝性能データを参考にした、設計者の勘や経験に頼った設計方法が一般的である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらこのように、構造物各部の寸法や形状関数を設計変数とすると、その選択方法が設計者の勘や経験に依存するため、構造物の体積低減への寄与率が低い部分の寸法を設計変数としてしまい、真の最適形状を見つけることができない場合がある。

【0004】また、設計変数を寸法や形状関数とすると、それらの組み合わせが複数考えられるため、最適形状を得る過程でのパラメータスタディの回数が多くなり、最適形状を得るまでに長時間かかるという問題がある。そこで、この発明は、上記従来の未解決の問題に着目してなされたものであり、構造物の最適形状を容易且つ的確に設計することの可能な最適形状の設計方法及びこれを用いた最適形状の設計システムを提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の請求項1に係る最適形状の設計方法は、構造物の設計データに基づき複数の制約体積について剛性を最大にする前記構造物の形状をそれぞれ検出し、当該検出した構造物の形状のそれぞれに対してその形状を評価するための応答量を検出し、前記複数の制約体積とこれに対応する前記応答量とから前記制約体積及び前記応答量の相関関係を検出し、この相関関係に基づいて前記応答量が前記構造物の設計条件を満足する最小体積を検出することを特徴としている。

【0006】また、請求項2に係る最適形状の設計方法は、上記請求項1記載の最適形状の設計方法において、前記最小体積を前記制約体積として前記構造物の最適形状を検出することを特徴としている。また、請求項3に係る最適形状の設計方法は、上記請求項1又は2記載の最適形状の設計方法において、前記構造物は、緩衝包装に使用する緩衝材であって、設計空間が被緩衝物と外箱との隙間部分であることを特徴としている。

【0007】また、請求項4に係る最適形状の設計システムは、構造物の設計データを入力する入力手段と、当該入力手段で入力された設計データに基づき設定された制約体積での剛性を最大にする前記構造物の形状を検出

する形状解析手段と、当該形状解析手段で検出した前記構造物の形状に対し、その形状を評価するための応答量を検出する構造解析手段と、複数の制約体積とこれら制約体積それぞれについて前記形状解析手段及び前記構造解析手段により検出した前記応答量とから、前記制約体積と前記応答量との相関関係を検出しこれに基づき、前記応答量が前記構造物の設計条件を満足する最小体積を検出する最小体積検出手段と、を備えることを特徴としている。

【0008】また、請求項5に係る最適形状の設計システムは、上記請求項4記載の最適形状の設計システムにおいて、前記最小体積を前記制約体積とし、この制約体積での前記形状解析手段で検出される構造物の形状を、前記構造物の最適形状とするようになっていることを特徴としている。また、請求項6に係る最適形状の設計システムは、上記請求項4又は5記載の最適形状の設計システムにおいて、前記構造物は、緩衝包装に使用する緩衝材であって、設計空間が被緩衝物と外箱との隙間部分であることを特徴としている。

【0009】さらに、請求項7に係る最適形状の設計システムは、上記請求項4乃至6の何れかに記載の最適形状の設計システムにおいて、前記形状解析手段はトポロジー最適化手法を用いて前記形状を検出し、前記構造解析手段は構造解析手法を用いて前記応答量を検出するようになっていることを特徴としている。この請求項1から請求項7に係る発明では、例えば緩衝包装に使用する緩衝材等の構造物について、ある制約体積における構造物の形状が、例えばトポロジー最適化手法等によって検出され、この検出された構造物の形状について例えば構造解析手法等を用いて解析が行われ、例えばその最大減速度等といった構造物の形状を評価するための応答量が検出される。そして、複数の制約体積についてこれら処理が行われてその応答量が検出され、制約体積とこれに対応する応答量との相関関係から、応答量が構造物の設計条件を満足する最小体積が検出される。

【0010】そして、このようにして検出した最小体積を制約体積とし、再度その剛性を最大とする形状を検出することによって、設計条件を満足する最小体積を有する構造物の形状が検出され、すなわち構造物の最適形状が検出されることになる。ここで、設計者の勘や経験に依存しない制約体積を設計変数としているから、経験のない人であっても容易に最小体積を得ることができ、また、的確な最小体積を得ることが可能となる。また、設計変数が複数ある場合にはその組み合わせなどを考慮する必要があるため最適形状を得るまでに時間がかかるが、設計変数は制約体積のみであるから最適形状を得るまでに要する所要時間を大幅に短縮することが可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を説

明する。図1は、本発明による最適形状の設計方法を適用した設計システムの一例を示すブロック図である。図1において、1は、設計対象の構造物を設計するために必要とする設計データを入力するための、入力手段としての入力装置であって、キーボードやマウス或いは、インターネット等の通信回線を介して設計データを入力可能な入力装置である。2は、入力部1により入力された設計データに基づいて所定の演算処理を行って構造物の最適形状を演算する演算処理装置、3は、演算処理装置2で演算された最適形状を表示するためのCRT或いはプリンタ等の表示装置であってこの表示装置はファイル等に格納された設計結果を読み込んで出力表示する機能も備えている。

【0012】前記演算処理装置2は、設計データに基づいて演算処理を行う計算部21と、この計算部21での演算処理を制御する制御部22とから構成され、前記計算部21では、均質化法によるトポロジー最適化手法により構造物の剛性を最大にする構造物形状を検出可能な形状解析処理を行うと共に、この形状解析処理で検出された構造物形状に対して構造解析手法による構造解析処理を行う。

【0013】前記形状解析処理は、均質化法によるトポロジー最適化問題を扱うことの可能な処理プログラムであって、例えば、OptiStruct（商品名、Altair Engineering, Inc. 製）、Optishape（商品名、株式会社くいんと製）等といった、汎用プログラムが適用される。また、前記構造解析処理は、衝撃挙動解析を行うことの可能な処理プログラムであって、例えばABAQUS（商品名、Hibbitt, Karlsson & Sorensen, Inc. 製）、RADIOSS（商品名、MECALOGS A.R.L. 製）、LS-DYNA（商品名、Livermore Software Technology Corporation 製）、PAM-CRASH（商品名、Engineering Systems International S.A. 製）等といった、汎用プログラムが適用される。

【0014】次に、上記実施の形態の動作を、図2に示す、演算処理装置2で実行される処理の処理手順の一例を示すフローチャートに基づいて説明する。まず、入力装置1において、キーボード或いはインターネット等の通信回線等を経由して、設計対象の構造物の設計データを入力する。例えば、緩衝材の最適形状を設計する場合には、設計データとして、被緩衝物の形状、重量、落下高さ、落下方向、また、ダンボール箱等の外箱の寸法、外箱に収める被緩衝物の位置、さらに、被緩衝物、外箱及び緩衝材に使用する素材の機械的物性値（例えば応力、歪み曲線、ポアソン比、密度等）、設計許容値（例えば被緩衝物に生じる最大減速度、最大応力、最大歪み、緩衝材に生じる最大応力、最大歪み、及び反発係数等の機械的応答量の許容値）を入力する。

【0015】なお、前述の被緩衝物及び外箱の形状データとして、CAD（Computer Aided D

esign)ソフトで作成したデータ等を利用するようにしてもよい。また前記被緩衝物、外箱、緩衝材に使用する素材の機械的物性値は、これらのデータを格納した記憶装置或いはデータベースファイルを用意しておき、ここから、用いる素材に応じて機械的物性値を検索してこれを利用するようにしてもよい。

【0016】演算処理部1ではこれらの設計データを入力すると、ステップS1からステップS2に移行し、変数 i を“1”だけインクリメントする。なお、この変数 i は起動時には初期値 $i=0$ に設定されている。次いで、ステップS3に移行し、緩衝材体積 V_i を $V_i=i \times dV$ に基づき設定する。なお、 dV は予め設定した緩衝材体積の初期値である。

【0017】次いで、ステップS4に移行し、ステップS1で入力された設計データに対し、トポロジー最適化手法に基づく形状解析処理を実行し緩衝材の剛性を最大にする緩衝材形状を求める(形状解析手段)。均質化法によるトポロジー最適化問題においては、設計空間つまりこの場合には外箱と被緩衝物との隙間に占める緩衝材の体積比率を制約条件とする必要があるため、この段階では任意の緩衝材体積を用いた場合にその剛性を最大にする緩衝材形状を求めることになる。そこで、使用する緩衝材の体積を設計変数として取り扱い、緩衝材形状を求める。

【0018】すなわち、ステップS3で設定した緩衝材体積 V_i ($i=1$)としたときの、この緩衝材体積 V_1 において剛性を最大とする緩衝材形状を求める。これにより、例えば、図3に示す、緩衝材形状M1が得られる。続いて、ステップS5に移行し、ステップS4で検出した緩衝材体積 V_1 における緩衝材形状M1に対し、構造解析処理を行って、機械的応答量として被緩衝物に生じる最大減速度 G_i を検出する(構造解析手段)。

【0019】次いで、ステップS6に移行し、緩衝材体積 S_1 とこれに対応する最大減速度 G_i との関係を、例えば図4に示すように、横軸を体積 V 、縦軸を最大減速度 G としてグラフ表示し、次いで、ステップS7に移行して、最大減速度 G_i が設計許容値としてステップS1の処理で入力設定された最大減速度許容値 G_{max} を満足するかを判定する。

【0020】このステップS7での判定の結果、最大減速度 G_i が最大減速度許容値 G_{max} を満足しないときには、ステップS8に移行し、変数 i を“1”だけインクリメントしたときの緩衝材体積 V_i ($i=2$)が、設計空間の体積、つまり、入力した設計データから算出される外箱と被緩衝物との隙間の体積を越えるかどうかを判定し、緩衝材体積 V_i が設計空間を越えないときには、前記ステップS4に戻って、上記と同様にして、この緩衝材体積 V_i ($i=2$)において剛性を最大にする緩衝材形状を形状解析処理によって検出し、これによって例えば図5に示す緩衝材形状M2が得られる。そして、こ

の緩衝材形状 M_i に対して構造解析処理を行って被緩衝物の最大減速度 G_i を検出し(ステップS5)、緩衝材体積 V_i と最大減速度 G_i との関係をグラフ表示する(ステップS6)。

【0021】そして、最大減速度 G_i が最大減速度許容値 G_{max} を満足しないときにはステップS8に移行し、 i を“1”だけインクリメントし、以後、上記と同様にして緩衝材体積 V_i を所定量 dV ずつ増加させてこれに対応する緩衝材形状 M_i を検出し、その最大減速度 G_i をそれぞれ算出し、これらをグラフ表示する。そして、最大減速度 G_i が最大減速度許容値 G_{max} を満足するときに、ステップS7からステップS11に移行し、例えばこのグラフから或いはグラフ上にプロットされた最大減速度 G_i と緩衝材体積 V_i との近似多項式を用いて、設計許容値を満足する、緩衝材体積の最小値 V_{opt} を検出する(最小体積検出手段)。

【0022】そして、ステップS12に移行し、ステップS11で検出した緩衝材体積の最小値 V_{opt} に対し、再度形状解析処理を行ってその剛性を最大にする形状を検出する。そして、この形状を最適形状 M_{opt} として、例えば表示装置3に出力しこれを表示させたり、或いは、ファイル等に記憶する。一方、ステップS10の処理で、緩衝材体積 V_i が設計空間内であるときに設計許容値を満足する最大減速度を得ることができないときには、ステップS10からステップS20に移行し、設計空間を拡大する。すなわちさらに大きな外箱への使用変更を行う。これは、例えば設計データを入力する際に予め複数の外箱の設計データを入力しておき、参照する外箱の設計データを変更するようにすればよい。そして、ステップS2に戻って、上記と同様に処理を行って、これまでよりも大きい外箱に対して最適形状を検出する。

【0023】ここで、設計変数として、設計者の勘や経験に依存しない構造物の体積を設定している。したがって、経験を積んだ設計者でなくとも誰でも的確な最適形状を得ることができ、また、設計者の勘や経験に依存しないから、真の最適形状の発現を期待することができる。また、構造物の体積という1つの設計変数でよいため、設計変数が寸法や、形状関数といった複数の組み合わせが必要となる場合に比べて最適形状を得る過程でのパラメータスタディの回数が少なく済み、短時間で最適形状を得ることができる。

【0024】なお、上記実施の形態においては、構造物として緩衝材を適用した場合について説明したが、これに限るものではなく、他の構造物であっても適用することができ、この場合には構造物に応じて、構造解析処理として用いる汎用のプログラムを変更すればよい。また、上記実施の形態においては、応答量として最大減速度を用い、これが設計条件を満足するかどうかによって、形状を評価するようにした場合について説明した

が、これに限らず、他の要素を評価対象として設定してもよく、また、複数の要素について評価するようにしてもよく、設計対象の構造物、また、構造物のおかれる環境等に応じて評価対象の応答量を変更するようにすればよい。

【0025】また、上記実施の形態において、ステップS4の処理において緩衝材形状 M_i が検出された時点で、この緩衝材形状 M_i の製造コストを見積もるようにし、製造コストも設計許容値の判定対象とするようにしてもよい。また、上記実施の形態においては、緩衝材体積が設計空間となるまで、順次最大減速度を検出し、これに基づいて設計許容値を満足する最小の緩衝材体積を検出するようにした場合について説明したが、これに限らず、例えば所定数の緩衝材体積について最大減速度を検出してこれらに基づいて近似多項式を検出し、この近似多項式に基づいて設計許容値を満足する最小の緩衝材体積を検出するようにしてもよい。

【0026】また、上記実施の形態においては、緩衝材体積を初期値からある増分 dV で増加させていき、最適形状を探索するようにした場合について説明したが、これに限らず、例えば、数値計画法、応答曲面法、GA (Genetic Algorithm) 等の最適解探索法を利用して、設計変数である緩衝材体積を逐次変更するようにしてもよい。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項1乃至請求項7に係る発明によれば、複数の制約体積につ

いて、剛性を最大とする形状を検出し、各形状についてこれを評価するための応答量を検出して制約体積と応答量との相関関係を求め、この相関関係から、応答量が設計条件を満足する最小体積を検出するようにしたから、設計対象の構造物の最小体積を容易且つ的確に検出することができる。また、この最小体積について剛性を最大とする形状を検出することによって、設計条件を満足し且つ最小体積を有すると共にその剛性が最大となる構造物の最適形状を容易且つ的確に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した設計システムの概略構成図である。

【図2】最適形状検出時の処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図3】形状解析処理で検出される、緩衝材体積が初期値であるときの緩衝材形状の一例である。

【図4】緩衝材体積と最大減速度との対応を表すグラフの一例である。

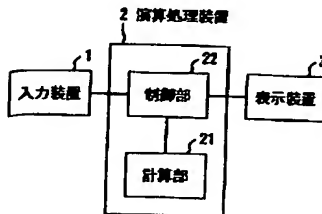
【図5】形状解析処理で検出される、緩衝材体積を増加させたときの緩衝材形状の一例である。

【図6】緩衝材の最適形状の一例である。

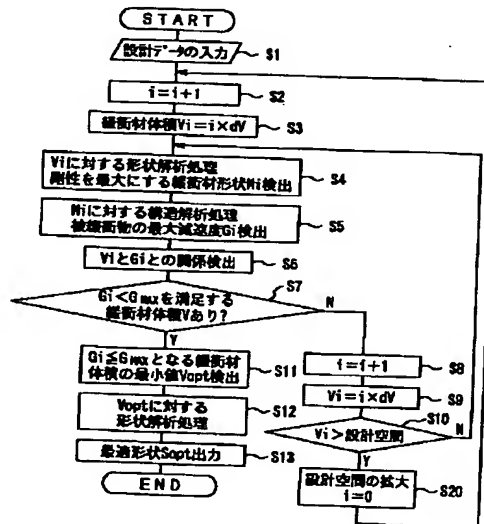
【符号の説明】

- 1 入力装置
- 2 演算処理装置
- 21 計算部
- 22 制御部
- 3 表示装置

【図1】



【図2】



【図3】

